



TITLE:

Fundamental Studies on Probabilistic  
Methods of Structural Design to Resist  
Earthquakes( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Kameda, Hiroyuki

---

CITATION:

Kameda, Hiroyuki. Fundamental Studies on Probabilistic Methods of Structural Design to Resist Earthquakes. 京都大学, 1971, 工学博士

ISSUE DATE:

1971-09-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/213729>

RIGHT:

氏 名	亀 田 弘 行 かめ た ひろ ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 272 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 9 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 工 学 専 攻
学位論文題目	<b>Fundamental Studies on Probabilistic Methods of Structural Design to Resist Earthquakes</b> (構造物の耐震設計における確率統計的方法に関する基礎的研究)

論文調査委員 (主 査)  
教 授 後 藤 尚 男    教 授 山 田 善 一    教 授 柴 田 徹

### 論 文 内 容 の 要 旨

構造物の合理的な耐震設計法を確立するためには、地震発生の時系列および地震動ならびにそれによる構造物応答の不規則性を適切に評価する必要がある。本論文はこのような問題を確率統計的手法を用いて論じ、いくつかの新しい方法論と定性的ならびに定量的な結果を提供したもので、5章より成り立っている。

第1章緒論は、耐震工学の特質と歴史の中で本研究の課題である確率統計的方法の役割を論じたのち、本論文の構成を述べたものである。

第2章は、将来の地震動の推定法を取り扱ったものである。まず本問題を取り上げた背景と問題点を述べたのち、過去の地震発生記録を再整理して、最近の時代の地震活動を重視しつつ、過去の貴重な記録を有効に活用できるような地震発生確率モデルを提示し、さらに強震計による実記録に基づいて、地震動確率モデルを設定した。しかるのちその確率モデルを用いて、1回の地震における最大地動確率分布を求め、その結果を用いて地震動の強度の決定法、最大地動に対する継続時間の影響などを論じている。引き続いて以上の結果を総合して、将来の一定期間に、ある地域に発生する最大地震動確率分布を求めて、これをわが国全域にわたって計算し、その結果を seismicity map の形に取りまとめている。

第3章は、不規則外力に対する構造物の最大応答確率分布を論じたものである。まず最大応答確率分布の持つ耐震工学上の意義を考察し、各時刻における構造物の r. m. s. 応答と相関係数の一般的表示を与えた。次いで最大応答確率分布を求めるため、純出生過程の基礎微分方程式に基づいて、従来より精度の高い近似解を導き、それを用いて定常確率過程を入力とする構造物の定常応答と過渡応答について最大応答確率分布を求め、本解法の精度と応答特性の検討を行なっている。引き続いて非定常な地震加速度確率モデルを設定し、前記の純出生過程に基づく方法に加えて、この方法の精度が低下するパラメーター領域を補うものとして peak envelope による解法を案出した。精度の検討の結果、これら二つの解法を適宜に選択適用することによって、広範なパラメーター領域で最大応答確率分布を求めうること

を示している。さらに以上の結果を整理して、地震時における最大応答の問題を、平均応答スペクトルとそのまわりでのばらつきから論ずることにより、実耐震設計への応用について言及している。

第4章は、不規則外力を受ける構造物の振動において、応答が一定のレベルを越える回数の確率分布を取り扱ったものである。すなわち地震による疲労破壊に関する研究への第一段階として、本問題の数式的表現を展開し、その中で  $n$ -th passage time density なる新しい確率量の概念を導入し、その厳密解の困難であることより、定常応答の場合に対して再生過程による近似解とさらに単純な Poisson 過程による近似解とを求め、これを線形1自由度系の応答に適用してこの問題の基本的な性質を考察している。

第5章は、むすびとして以上の各章の成果を考慮に入れて、耐震設計法に確率統計的手法を導入するうえでの基本的方針と将来の展望について総括的に述べたものである。

### 論文審査の結果の要旨

地震は一般に予測困難であり、地震動は不規則な現象であるので、構造物の合理的な耐震設計法を確立するためには、そのような地震発生の時系列ならびに地震動とそれによる構造物応答の不規則性とを適切に評価する必要がある。本研究はこのような問題を確率統計的手法を用いて論じ、いくつかの新しい方法論に基づいて耐震工学に新知見を提供したもので、得られた主な成果を要約すると次のようである。

(1) 過去の大地震発生の記録に新しい解釈を加え、かつ古い時代の地震に記録もれの可能性のある点を補うような地震発生の確率モデルを提示するとともに、地震動の不規則性をも考慮することによって、1回の地震および将来の一定期間に発生する地震について、最大地震動の平均値のみならず、その非超過確率の面から論ずることを可能ならしめた。また将来の最大地震動の期待値を seismicity map の形で表示して、従来のもより合理的であることを確かめ、わが国将来の地震危険度の推定に貴重な資料を提供した。

(2) 不規則地震動に対する構造物の最大応答の確率分布を厳密に求めることはきわめて困難であり、しかも構造物の応答が比較的狭帯域の周波数特性を有することから、特に精度の高い近似解法が要求されることに十分留意して、純出生過程の微分方程式を用いる方法を案出した。この場合異なる時刻における応答間の相関を考慮することによって、従来の解法を特殊な場合として包含し、しかもさらに高精度で一般的な近似解を導き得た。

(3) 一方非定常地震動に対する応答特性の考察から、上記の解法と別の観点より peak envelope の分布に着目して、最大応答の確率分布を求めた。上記2種の理論解析の結果を電子計算機によるシミュレーション結果と対比することによって、これらの両近似解法は精度が低下するパラメーター領域を互に相補うことを確かめた。かくしていずれかの解法を選択適用することによって、広範な領域で近似度の高い最大応答の確率分布を求めうるという注目すべき成果を収めた。

(4) 定常確率過程を入力とする構造物の応答については、定常応答と過渡応答を比較することによって、初期条件が最大応答に及ぼす影響を明らかにした。また非定常な地震動を受ける構造物の応答において、応答の強度がピークを過ぎて減少する部分の特性が、最大応答の確率分布の解法を選択する上で重要な影響を与えることを示した。さらに最大応答の推定法について、平均応答スペクトルとそのまわりでのばら

つきの面から考察して、本研究の成果を実耐震設計へ適用できる見通しを付けた。

(5) 繰返し載荷による構造物の破壊の進行に関連する一考察として、応答が一定のレベルを越える回数の確率分布を、 $n$ -th passage time density なる新しい確率量を導入して、本問題を一般的な形に数式化し、再生過程による近似を行なうことによって、定常応答の範囲であるがかなり精度のよい近似解をうることができた。

要するに本論文は、構造物の合理的な耐震設計に資するため、地震発生の時系列および地震動とそれによる構造物応答の不規則性に着目して、これらの問題を確率統計的手法によって考究し、上述のようないくつかの新しい方法論に基づいて耐震工学に注目すべき新知見を提供したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。